



Université Hassan 2

Faculté des science et technique Mohammedia

Gyroscope

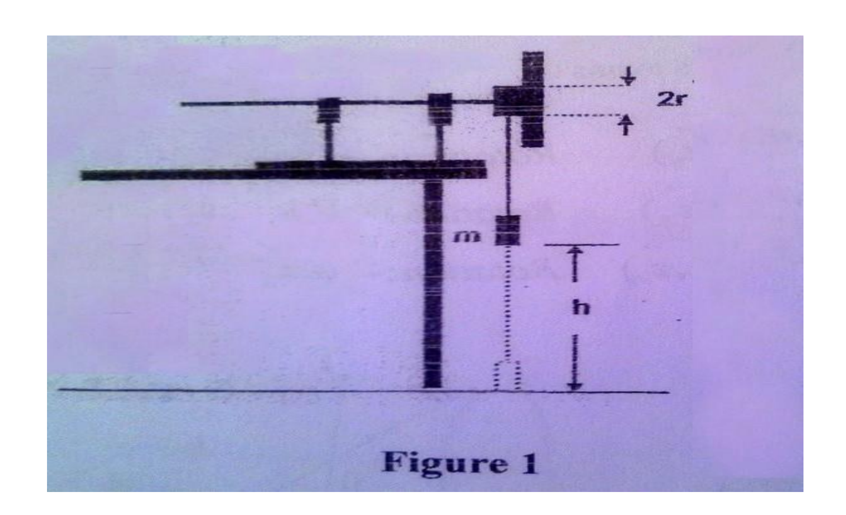


Figure 1

Réalisé par **:**

Introduction :

Nous allons lors de ce TP apprendre à manipuler un gyroscope. On va alors essayer de mesurer le moment d’inertie de son disque, de déterminer la fréquence de précession et la fréquence de nutation.

On procédera dans un premier lieu par une expérience consistant à mesurer le temps mis par une masse, accrochée à l’extrémité d’un cordon lie au gyroscope, a parcourir une hauteur h. On en déduira le moment d’inertie I du disque par rapport à son axe de rotation.

Puis, on mettra le disque en rotation à la main ou à l’aide du cordon ; on mesurera la durée d’une rotation du disque T puis on accrochera une masse supplémentaire m à l’axe. On en déduira le temps de précession Tp.

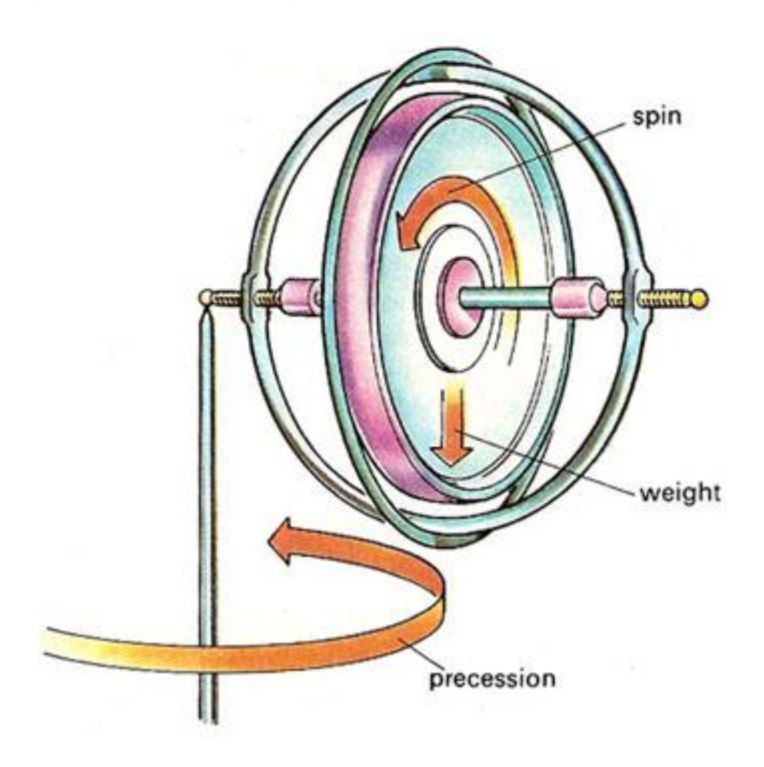
Enfin, on effectuera la même expérience qui précède, seulement sans masse cette fois ci. Avec un léger coup latéral porté sur l’axe du gyroscope déclenchera la nutation. On mesurera alors dans ce cas le temps de nutation Tn.

1-But de la manipulation :

Le but de la manipulation est de mesurer le moment d'inertie du disque du gyroscope, ainsi que de déterminer la fréquence de précession et aussi celle de la nutation.

2-Théorie :

Un gyroscope permet de maintenir ou de mesurer une direction d'après le principe de conservation du moment angulaire. Un gyroscope est composé d'un rotor tournant autour d'un axe et monté sur un anneau intérieur tournant sur un axe perpendiculaire au précédent lui-même monté sur un anneau extérieur dont l'axe de rotation est perpendiculaire aux 2 précédents.



Le moment du gyroscope est fourni par un couple de forces : la gravité pousse vers le bas le centre de la masse tandis qu'une force égale la pousse vers le haut. Le déplacement résultant n'est pas vers le bas comme nous pourrions le supposer mais perpendiculaire à la fois à son poids et à l'axe de rotation c'est-à-dire la direction horizontal.

Un gyroscope se retrouve dans de nombreuses applications :

• les objets comme les vélos ou les toupies où l'effet gyroscopique permet de maintenir l'objet en équilibre ;

• les compas gyroscopiques qui remplacent ou complètent les boussoles magnétiques utilisées dans les navires et les aéronefs par exemple pour le pilotage automatique ;

• la station russe Mir utilisait 11 gyroscopes pour garder son orientation vers le soleil ;

• le télescope spatial Hubble a aussi utilisé des gyroscopes pour maintenir son orbite autour de la Terre ;

• les gyroscopes servent aussi `a stabiliser les images dans les caméras, les appareils photo ou les jumelles lors de prises de vues en hélicoptère ou en bateau par exemple.

Dans la suite de ce TP, on va adopter les notations suivantes :

$\frac{d\psi}{dt} = \omega_p$: Vitesse de rotation de précession

$\frac{d\theta}{dt} = \omega_N$: Vitesse de rotation de nutation

$\frac{d\varphi}{dt} = \omega$: Vitesse de rotation de nutation

Un gyroscope est un corps rigide qui tourne sur un axe fixé en un point. Si aucun couple de rotation n'est exercé sur le gyroscope, l'axe de symétrie de rotation (en même temps axe du moment angulaire) conserve sa position dans l'espace. Lorsqu'une force extérieure est exercée sur l'axe, le couple de rotation entraine une modification du moment angulaire. L'axe du gyroscope se déplace à un angle droit de cette force extérieure. Ce mouvement est appeler précession. Cette précession tend à aligner l'axe de symétrie de révolution avec le couple appliqué

Lorsque le gyroscope subit un coup latéral sr son axe il effectue alors un mouvement de nutation

3- Mesure du moment d'inertie du disque :

a) Montage du gyroscope

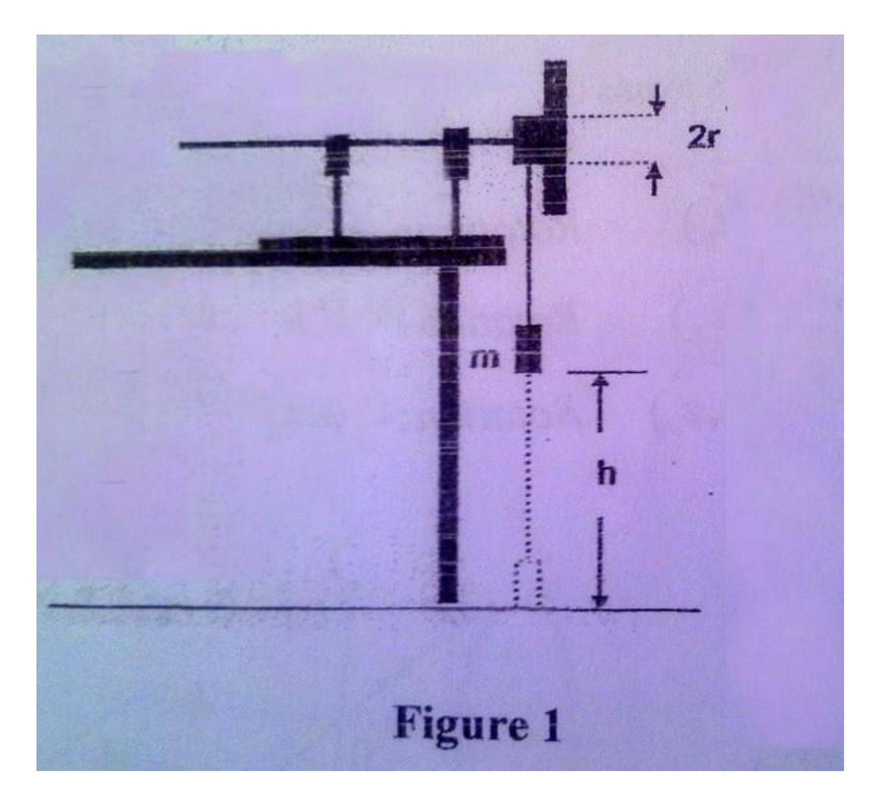


Figure 1

- On enroule le cordon sur le tambour et on accroche une masse de m=30g à l'extrémité du cordon. Puis, on la laisse tomber :
- On mesure le temps t mis par la masse pour parcourir la hauteur h :
- On calcule directement ω :

On sait que **s=r.θ** (1)

En dérivant l'équation (1) on obtient : V=r.ω => $\omega = \frac{V}{r} = \frac{h}{r.t}$

H(cm)	T(s)	T^2 (s^2)

20	5.78	33.408
25	6.32	39.94
30	7.09	50.26
35	7.78	60.52
40	8.09	65.44
45	8.85	78.32

Avec les incertitudes suivantes :

$\Delta t^2=2T \times \Delta t$, $\Delta t=\sup|Tmoy-Ti|$

(Courbe de $t^2=f(h)$)

D'après le graphe

$\frac{1}{2}$ γ = $\frac{0.5-0.15}{87-24} = 5.55x10^{-3}$m/s²

⇨ γ = 2x$5.55x10^{-3}$=0.011 m/s²

On sait que :

$$\gamma = \frac{mgr^2}{I+mr^2}$$

donc $I = \frac{mr^2(g-\gamma)}{\gamma}$ avec r²=5.52x10^{-4}m

et g=10

⇨ $I = \frac{0.02x5.5210^{-4}x(10-0.011)}{0.011} = 0.010\ kg.m^2$

4-Mesure de la fréquence de précession :

b) Montage de précession :

On construit le gyroscope comme le montre la figure ci-contre, et on le met en équilibre. Puis on met le disque en rotation à la main et on mesure la duré d'une rotation du disque T. Après on

accroche la masse supplémentaire m $=m_1$ à l'axe. Le gyroscope effectue un mouvement de précession.

<u>-détermination de la période T du disque et la periode de précession Tp pour $m=m_1$:</u>

On note :

T : la période de rotation du disque autour de l'axe de symétrie

T_p : la période de rotation du disque autour de l'axe vertical (Période de précession)

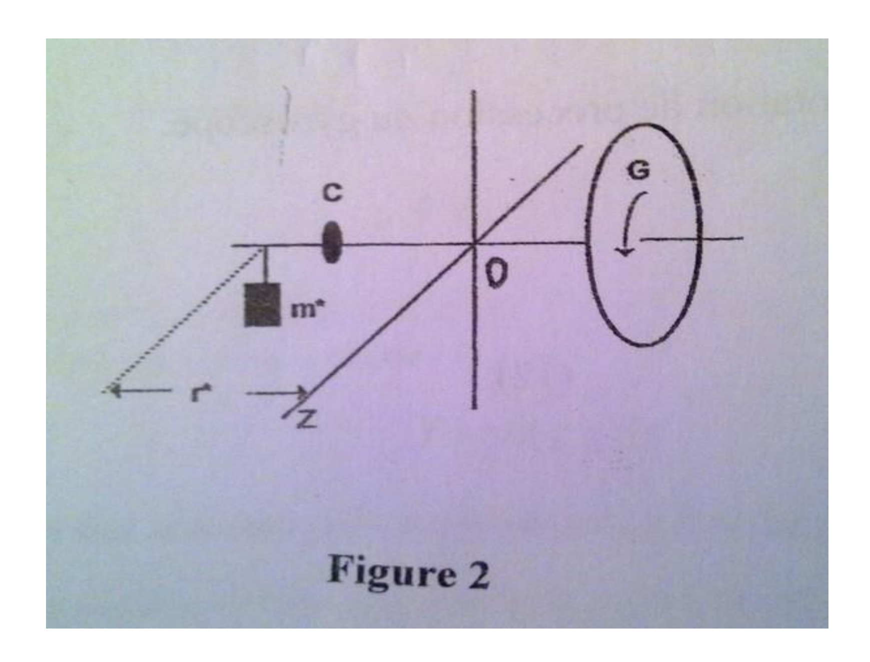


Figure 2

Avec m=10g=0.01kg

T/4(s)	Tp(s)	T^{-1} (s^{-1})
0.306	12.37	3.267
0.278	14.41	3.597
0.241	16.16	4.149
0.355	8.00	2.81
0.399	7.68	2.506

(courbe de T^{-1}=f(Tp)

5-Mesure de la fréquence de nutation :

On construit le gyroscope exactement comme le montage précédent sans masse supplémentaire et on le mets en équilibre.

On met le disque en rotation à la main, puis on mesure la durée de rotation du disque circulaire. Un léger coup latéral porté sur l'axe du gyroscope déclenche la nutation.

Mesure de la durée de rotation du disque circulaire et de la durée d'une rotation de nutation T_N :

T_R(s)	T_N (s)
0.385	1.53
0.387	2.32
1.234	2.72
1.894	3.59
0.843	2.44

(coubre Tr=f(Tn)

-Calcul du coefficient de proportionnalité k :

La relation entre la pulsation de nutation ω_N et la pulsation ω du mouvement de rotation du gyroscope autour de son axe de rotation est donnée par : $\omega_N = K\,\omega$

ce qui donne $T=K.T_N$

Où T_N est la période du mouvement de nutation.

La pulsation de nutation est proportionnelle à la pulsation de rotation. Le coefficient K dépend du moment d'inertie du gyroscope autour de l'axe vertical de précession et de celui de son axe de symétrie.

En exploitant la courbe $T_R = f(T_N)$, on remarque que le coefficient K représente la pente de la courbe tracé auparavant .Ainsi on a :

$K = \frac{\Delta T}{\Delta TN}$ = ……… ***(on doit calculer k) !!!***

Conclusion :

Un gyroscope alors est un appareil qui exploite le principe de la conservation du moment angulaire en physique (ou encore stabilité gyroscopique ou effet gyroscopique) et aussi permet l'orientation des satellites et autres.